

УДК 541.183

## ВИМІРЮВАННЯ ПОТЕНЦІАЛУ ПРОТІКАННЯ РІДИН І РОЗЧИНІВ ЧЕРЕЗ ГІРСЬКУ ПОРОДУ

© Храпач І. М., 2002

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

*Проаналізовано інформативність електрокінетичного потенціалу та потенціалу протікання, розглянуто основні характеристики та відмінності вольтметра для вимірювання потенціалу протікання, приведено структурну схему, статичну характеристику та описано принцип дії сконструйованого вольтметра.*

При нафтогазовидобуванні однією з основних кількісних характеристик поверхневої взаємодії рідкої та твердої фаз є електрокінетичний потенціал ( $\xi$ -потенціал).  $\xi$ -потенціал є величиною статичною, оскільки він не залежить від відносної швидкості руху фаз і безпосередньо не може бути вимірним в силу технічних складностей [1]. Одним із проявлень електрокінетичного потенціалу є потенціал протікання, що є прямо пропорційним електрокінетичному потенціалу і виникає на торцях взірця пористого тіла (гірської породи) при протіканні через нього рідини внаслідок механічного зміщення подвійного шару. На відміну від  $\xi$ -потенціалу, потенціал протікання є динамічною характеристикою процесу протікання і кількісно характеризує величину електро-статичного гальмування внаслідок спричинення ним електрофоретичного протипотоку заряджених частинок через пористе тіло. Потенціал протікання є прямо пропорційним різниці тисків на торцях пористого тіла, яка спричиняє протікання [2]. Значення потенціалу протікання може досягати декількох вольт при перепадах тиску до  $10^4$  Па. Оскільки електрокінетичний потенціал зменшується при зростанні кількості продисоційованих іонів і, відповідно, провідності рідкої фази [2], що спричиняє зменшення електрокінетичного гальмування, то вимірювання потенціалу протікання має зміст тільки в малодисоційованих розчинах електролітів із малою електричною провідністю.

Будова давача напруги протікання детально описана в [1]. Величина вхідного опору вольтметра постійної напруги повинна принаймні на два порядки перевищувати внутрішній опір давача напруги протікання як джерела ЕРС (для забезпечення зниження вимірюваної вихідної напруги давача не більше ніж на 1 %), тобто

$$R_{in} \geq 100 \cdot R_0, \quad (1)$$

де  $R_{in}$  - вхідний опір вольтметра,  $R_0$  - внутрішній опір давача.

За другим законом Кірхгофа

$$(R_{in} + R_0)I = E, \quad (2)$$

де  $I$  - струм у колі,  $E$  - вимірювана ЕРС.

Виразивши  $I$  з (2), за законом Ома отримаємо, що

$$U_{Rin} = I \cdot R_{in} = E \cdot \frac{R_{in}}{R_{in} + R_0}, \quad (3)$$

де  $U_{Rin}$  - покази вольтметра з вхідним опором  $R_{in}$ .

Величина  $R_0$  у виразі (3) залежить від двох змінних величин -  $U_{Rin}$  і  $R_{in}$ . Тому для визначення внутрішнього опору давача потенціалу протікання достатньо виміряти його вихідну напругу двома вольтметрами з різними вхідними опорами, які повинні бути відомими. Тоді, підставляючи данні у вираз (3) і виключивши  $E$  як величину постійну, після математичних перетворень одержуємо, що

$$R_0 = \frac{R_1 R_2 (U_{R1} - U_{R2})}{R_1 U_{R2} - R_2 U_{R1}}, \quad (4)$$

де  $R_1$ ,  $R_2$  - вхідні опори першого та другого вольтметрів;  $U_{R1}$ ,  $U_{R2}$  - покази цих вольтметрів.

Для макету первинного перетворювача потенціалу протікання при встановленому стаціонарному стані, тобто стані, при якому зміни напруги в часі не спостерігається і перепаді тиску 100 Па на зразку гірської породи, заповненої дистильованою водою за допомогою цифрового вольтметра з вхідним опором 15 МОм виміряний внутрішній опір такого первинного перетворювача потенціалу протікання складає 1,37 МОм. При цьому для зменшення вхідного опору вольтметра при другому вимірюванні використаний прецизійний резистивний шунт з опором  $10 \text{ МОм} \pm 0,5 \%$ . Таким чином, згідно (1) вхідний опір вольтметра постійної напруги в даному випадку повинен бути не меншим 137 МОм.

Як зазначалося в [1], при вимірюванні напруги протікання завжди присутня завада, яка залежить від різного роду електричних неоднорідностей, електрохімічних процесів між електродами, що повинна бути скомпенсованою відповідним джерелом

ЕРС у колі вимірювального вольтметра. Напругу-заваду можна також аналітично виключити з результату вимірювання, але при цьому внаслідок обмеженості лінійної ділянки пропускання попереднього підсилювача вольтметра результат буде неточним.

З усього вищевказаного слідує, що для вимірювання напруги протікання найдоцільніше викорис-

товувати потенціометричну схему вольтметра з автоматичною компенсацією вхідної напруги, вхідний опір якого повинен прямувати до нескінченності.

На основі результатів попередніх досліджень розроблено вольтметр постійної напруги (рис. 1), який призначений для вимірювання напруги протікання з метою визначення  $\zeta$ -потенціалу.

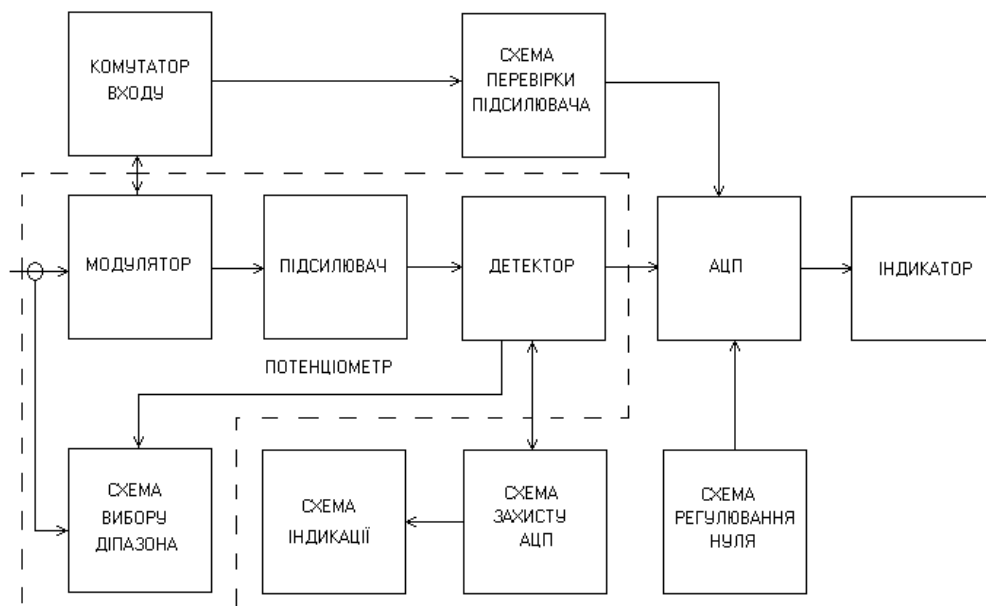


Рис. 1. Структурна схема вольтметра постійної напруги для вимірювання напруги протікання

Оскільки безпосереднє підсилення малих постійних напруг ускладнене наявністю дрейфу нуля, то для підвищення точності застосоване перетворення постійної напруги у змінну шляхом модуляції сигналом з частотою 100 Гц з наступним підсиленням змінної складової і детектуванням. Таке схемне рішення, крім того, представляє собою фільтр низьких частот з досить низькою частотою зрізу, що дає змогу відфільтровувати сигнали-завади від мережі живлення. Вхідна напруга після підсилення у вигляді струму подається на АЦП. Значення напруги відображається за допомогою рідкокристалічного індикатора. Для запобігання виходу з ладу АЦП при перевищенні вхідним струмом допустимих значень передбачено схему захисту, яка при небезпеці миттєво відключає вхід АЦП від підсилювача. Повторне ввімкнення відбувається через 2 с після встановлення допустимого режиму. Для перевірки роботи підсилювача АЦП може бути ввімкнений безпосередньо до внутрішнього регульованого джерела ЕРС.

Структурна схема, яка пояснює принцип дії потенціометра, що є складовим вузлом вольтметра, зображена на рис. 2.

Умовою компенсації вхідної напруги є

$$U_{вим} = U_{вх} + U_{вих} = U_{вх} + I_{вих}R. \quad (5)$$

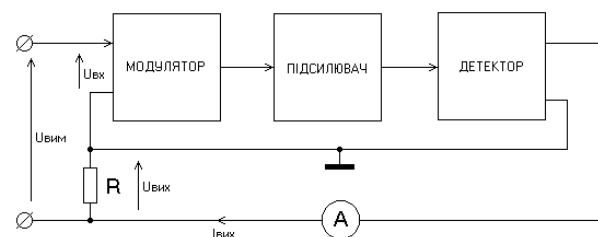


Рис. 2. Структурна схема потенціометра вольтметра постійної напруги

Звідси слідує, що при достатньо великому коефіцієнті підсилення  $U_{вх} \ll U_{вих}$  і

$$I_{вих} \cong \frac{U_{вим}}{R}. \quad (6)$$

За залежністю (6) вихідний струм підсилювача є прямо пропорційним напрузі, що вимірюється. За допомогою зміни опору  $R$  змінюють діапазон вимірювання вольтметра а також виконують його калібрування.

Залежність показів розробленого вольтметра від вхідної напруги на діапазоні вимірювання 2 В наведена у табл. 1.

Таблиця 1 – Статична характеристика вольтметра постійної напруги.

$U_{вх}$	0,000	0,200	0,400	0,600	0,800	1,000	1,200	1,400	1,600	1,800
$U_{вих}$	0,000	0,191	0,392	0,590	0,793	1,001	1,203	1,410	1,621	1,816

Аналізуючи статичну характеристику, можна зробити висновок, що вона є більш лінійною на середині діапазону вимірювання, покази при напругах менше 1 В є заниженими, а при напругах більше 1 В є завищеними. В цілому похибка від нелінійності не перевищує 2 %. Вхідний опір вольтметра, визначений за методикою згідно (3), є не меншим 1,2 ГОм, що з достатнім запасом перевищує мінімально допустимий. Таким чином, сконструйований прилад можна вважати придатним для вимірювання напру-

ги протікання при дослідженні електрокінетичних явищ в пористих тілах.

1. Кісіль І. С., Храпач І. М. Електрокінетичні явища в процесі видобутку нафти і газу // Методи та прилади контролю якості. - 2000. - № 6. - С. 43.
2. Фролов Ю. Г. Курс коллоїдної хімії. - М.: Хімія, 1982. - С. 219-231.

УДК 621.397.13

## ЙМОВІРНІСНИЙ ПІДХІД ДО ВИЗНАЧЕННЯ РОЗДІЛЬНОЇ ЗДАТНОСТІ ТЕЛЕВІЗІЙНИХ ЗАСОБІВ КОНТРОЛЮ

© Порєв В. А., Порєв Г. В., 2002  
НТУУ "Київський політехнічний інститут"

© Кісіль Р. І., 2002  
Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

**Обґрунтована методика застосування телевізійних засобів контролю, яка забезпечує можливість збільшення точності визначення геометричних характеристик телевізійних зображень. Методика базується на ймовірнісному підході, враховує вимоги загальної концепції використання телевізійних засобів для аналізу оптичних полів, а програмне забезпечення доповнюється функцією деталізації.**

Визначимо телевізійний засіб контролю (ТЗК) як сукупність оптичних, електронних та обчислювальних пристроїв, що виконують функції формування та аналізу зображення, утвореного оптичним випромінюванням. У відповідності із класифікацією Ф. Темнікова [1] ТЗК можуть бути віднесені до розгортаючих систем, в яких розгортання фізичної величини характеризується інтегруванням освітленості.

В загальному плані зображення визначається як розподіл параметрів електромагнітного поля в просторі, в часі та по спектру [2]. Розглядаючи поняття зображення як узагальнене поняття сигналу, дійдемо висновку, що зображення може існувати або у вигляді розподілу електромагнітного поля, або у вигляді певної, обумовленої цим розподілом, сукупності сигналів.

Враховуючи, що характеристики спектральної чутливості сучасних ТЗК перекривають ультрафіолетовий, видимий та ближній інфрачервоний діапазони, а електромагнітне випромінювання цих діапа-

зонів відносять до оптичного, можна визначити телевізійне зображення, як розподіл параметрів оптичного поля (випромінювання) в просторі, часі та по спектру.

Фізично робота ТЗК базується на послідовності перетворень потоку випромінювання, яке попадає у вхідну апертуру. Оптична система формує зображення об'єкту в чутливій площині світлоелектричного перетворювача (СЕР), де за допомогою розгортання (електронним променем в променевій телевізійній трубці (ПТТ) або комбінацією електронних імпульсів в приладах із зарядовим зв'язком (ПЗЗ)) утворюється первинний відеосигнал. Повний відеосигнал, сформований в наступному блоці формування відеосигналу, подається на вхід електросвітлового перетворювача та до пристрою введення зображення в комп'ютер (рис. 1).

Кінцевою ланкою цієї послідовності перетворень є яскравість екрану відеоконтрольного пристрою або цифровий сигнал, пропорційний значенню вхідного сигналу.